

Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych. Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych. Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych.

Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych. Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych. Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych.

Wskazano również na konieczność dalszych badań nad metodami i technikami badania i interpretacji danych geofizycznych.

O ZASTOSOWANIU METOD GEOFIZYCZNYCH W ARCHEOLOGII
(uwagi na marginesie pracy Г. С. Франтова і А. А. Пинкевича, *Геофизика в археологии*, Leningrad 1966, ss. 212)

Potrzeba szerokiego stosowania osiągnięć współczesnej techniki dla archeologicznych badań nie wymaga tu uzasadnienia. Są one coraz częściej wprowadzane tak na etapie badań rozpoznawczych w terenie, jak również przy określaniu technologii wytworów, datowania itp.

Obszerne opracowanie G. S. Frantowa i A. A. Pinkiewicza, będące tematem niniejszych uwag, a poświęcone rozpoznawaniu i badaniu obiektów w terenie, uznać wypadnie za kontynuację wcześniejszych opracowań, m.in. angielskiego badacza M. J. Aitkena¹. Stanowi ono w tym zakresie podsumowanie dotychczasowych osiągnięć badaczy radzieckich, podejmując jednocześnie próbę porównania z podobnymi osiągnięciami poza granicami ZSRR. Autorzy zwracają przy tym uwagę na perspektywy i możliwości wykorzystania rozmaitych urządzeń i aparatury geologicznej do badań archeologicznych. Opracowanie ich dotyczy głównie metod geofizycznych, znajdujących zastosowanie w pracach terenowych, tak przy rozpoznawaniu obiektów dotąd nie badanych, jak i dla pogłębienia znajomości obiektów będących przedmiotem prac wykopaliskowych. Cztery pierwsze rozdziały poświęcone są omówieniu teoretycznych podstaw i praktycznego zastosowania

metod: elektrycznooporowej, magnetycznej, sejsmicznej oraz geologicznych. Ostatni rozdział, piąty, dotyczy pomocniczych urządzeń technicznych.

Zwracamy na tę książkę naszą uwagę z dwóch powodów. Po pierwsze zaznacza ona z założeniami wspomnianych metod, przytaczając jednocześnie liczne przykłady z terenu ZSRR i innych krajów europejskich. Jakkolwiek na temat zastosowania i oczekiwanych wyników w odniesieniu do niektórych metod geofizycznych w archeologii, zwłaszcza magnetycznej, grawimetrycznej i sejsmicznej, wypowiedziano w literaturze przedmiotu krytyczne uwagi², liczne opracowania z ostatnich lat, z których kilka tu podajemy, wskazuje wyraźnie na ogromne możliwości rysujące się w tym zakresie, a nie stanowiące bynajmniej ostatniego słowa. Wielki zresztą postęp datuje się od momentu wprowadzenia bardzo czułego magnetometru protonowego.

Dla archeologii polskiej istotne wydaje się również omówienie przez obu autorów aparatury produkcji radzieckiej, z uwagi na łatwiejszą jej dostępność aniżeli podobnych przyrządów produkcji zachodniej. Jakkolwiek w zakresie możliwości wyposażenia technicznego istnieją u nas niewątpliwie znaczne trudności, jednak wydaje się, że archeologia polska przekroczyła ten moment, który prof. dr W. Hensel nazwał „barierą dźwięku”³, a co najlepiej chyba odzwierciedla szersze stosowanie w badaniach metod elektrycznooporowej i magnetycznej. W odniesieniu do nich w niniejszym omówieniu poświęcono wiele miejsca, wskazując też na pozornie negatywne wyniki, uzyskane na poszczególnych obiektach, co wydaje się bardzo istotne przy ulepszaniu dotychczasowej aparatury.

W zakresie metody elektrycznooporowej autorzy książki wyróżniają dwa rodzaje aparatury do rozpoznawania obiektów archeologicznych: na prąd stały oraz na prąd zmienny (przemienny). Wśród używanej tu aparatury na prąd stały wymieniają potencjometr typu EP-1 (ЭП-1) oraz automatyczny kompensator polaryzacji ESK-1 (ЭСК-1), który od poprzedniego daje znacznie dokładniejsze wyniki. Przy rozmiarach 20 × 32 × 22 cm, waży 8,5 kg, a komplet baterii wystarcza na 60—80 godzin pracy. Autorzy wymieniają ponadto kompensator KSR-1 (КСР-1), nie podając jednak bliżej użytkowej ich charakterystyki.

Obszerny fragment książki (ss. 35—79) poświęcony jest rezultatom archeologicznego rozpoznania obiektów tą właśnie metodą, gdzie obok wyników uzyskanych przez archeologów radzieckich podano szereg przykładów z innych badań na terenie Europy, zwłaszcza przez R. J. C. Atkinsona, M. J. Aitkena czy C. M. Le-rici, i to zarówno w obrębie cmentarzysk piaskich i kurhanowych, jak osad otwartych i grodzisk oraz wyrobisk górniczych.

Interesujące są dalej uwagi obu autorów w zakresie metody wzbudzonej polaryzacji przy badaniu skupisk węgla drzewnego lub warstwy kulturowej zawierającej dużą domieszkę sadzy, popiołu itp. Wymagają one jednak uprzedniego przeprowadzenia badań eksperymentalnych. Stwierdzono natomiast, iż bardzo wysoką polaryzacją odznaczają się srebro i złoto.

Drugą grupę aparatów do rozpoznawania elektrooporowego stanowią zasilane prądem zmiennym (ss. 91—100). Wśród radzieckich urządzeń autorzy wymieniają „aparaturę metody AFI” (АФИ), która oddała szczególnie cenne usługi przy badaniu dużych obiektów, m. in. również podwodnych. Tak na przykład przy poszukiwaniach na dnie Jez. Stojącego na Smoleńszczyźnie wykazano znaczną anomalie, wskazującą na obecność tu strefy elektrycznooporowej. Posługując się odpowiednim grafikiem można obliczyć głębokość zalegania obiektu oraz jego

² Zob. np. S. J. De Laet, *Archeologia i jej problemy*, Warszawa 1960, s. 39.

³ W. Hensel, „Bariera dźwięku”, „Kwart. HKM”, R. 3: 1955, z. 4, s. 673 nn.

rozmiary. Stwierdzono, że anomalia w tym wypadku znajdowała się na głęb. 15 m, oraz miała 40 m długości i 10 m szerokości. Z tych więc liczb widać wyraźnie, że aparatura ta może oddać znaczne usługi podczas rozpoznawania obiektów tak naziemnych, jak i podwodnych.

Przy badaniach archeologicznych znajdują zastosowanie również wojskowe aparaty do wykrywania min. Mają one jednak tę wadę, że wykrywają przedmioty metalowe większych rozmiarów i położone płytko pod powierzchnią ziemi. Próby wykorzystania ich na terenie Polski podejmowano już niejednokrotnie. W latach 1954—1957 w Biskupinie, pow. Żnin, dokonano kilku doświadczeń w odsłoniętej warstwie kulturowej, w poszukiwaniu przedmiotów z żelaza i metali kolorowych⁴; podobne próby prowadzone tu były również w 1967 r., wykazując możliwość odkrywania mniejszych przedmiotów żelaznych, leżących jednak bardzo płytko pod powierzchnią ziemi. Jednakże na terenie zespołu osadniczego wzmiankowanej miejscowości poszukiwania z pomocą aparatów do wykrywania min nie wyszły poza fazę prób. Natomiast na szerszą skalę wykorzystano je na dawnych pobojuwiskach, zwłaszcza na Legnickim Polu pod Legnicą oraz w regionie Grunwaldu⁵, jednak wynik tych poszukiwań był więcej niż skromny.

Wśród tego typu urządzeń, wykorzystywanych na Zachodzie, wymieniany jest często amerykański aparat typu „4c”, który odznacza się dużą czułością i oddał już znaczne usługi przy rozpoznawaniu obiektów⁶.

W rozdziale 2 (s. 101—142) obaj autorzy zapoznają szczegółowo z metodą magnetyczną, przytaczając na wstępie krótkie uwagi o wykorzystywaniu jej przy badaniach archeologicznych tak w ZSRR, jak i poza jego granicami, ogólne dane o polu magnetycznym oraz polu magnetycznym ziemi. Dla nas interesujący jest § 3, w którym mowa o magnetycznych właściwościach obiektów i znalezisk archeologicznych, jak również poszczególnych gatunków skał⁷, glin oraz innych gleb. Zwracają oni uwagę, że w badaniach archeologicznych do najbardziej powszechnych należy magnetometr typu M-2, jakkolwiek pomocnymi mogą stać się tu również, używane w badaniach geologicznych, magnetometry typu M-18 i M-23, u których igła magnetyczna przywieszona jest do kwarcowej lub metalowej nici, albo też magnetometry typu M-17 z ferrosondowym elementem o dużej czułości. W szeregu wypadków używane są też tzw. kieszonkowe magnetometry A. S. Poljakowa.

Istotny postęp w badaniach terenowych datuje się od momentu wejścia w użycie w ostatnich czasach bardzo czułych magnetometrów protonowych, używanych już powszechnie na Zachodzie⁸, a wprowadzanych też w ZSRR. Frantow i Pinkiewicz zaznają tu z dwoma ich typami. Pierwszy z nich AJPM-4 (АЯПМ-4), wagi 14 kg, zaopatrzony w generator, dostarczający prądu o bardzo

⁴ Zob. Z. Rajewski, *O metodzie terenowych badań wczesnośredniowiecznych wiejskich zespołów osadniczych*, „Wiad. Archeol.”, t. 22: 1955, ss. 133 n.; tenże, *O metodyce badań terenowych zespołów osadniczych*, tamże, t. 26: 1959/1960, s. 96, przyp. 8.

⁵ Zob. np. Z. Rajewski, *Badania na polach Grunwaldu*, „Rocznik Olsztyński”, t. 4: 1964, s. 197 nn.

⁶ G. Connah, *An Archaeological Experiment with the „4c” Mine Detector*, „Antiquity”, t. 35: 1962, s. 305 nn.

⁷ Warto zwrócić uwagę na tabelę magnetycznych oporności skał, cytowaną na s. 145 wg A. A. Ogilwi (zob. A. A. Огильви, *Геофизические методы исследования*, Moskwa 1962).

⁸ O wprowadzeniu do badań archeologicznych magnetometru protonowego pisałem w krótkim artykule informacyjnym, zob. Z. Bukowski, *Magnetometr protonowy w badaniach archeologicznych*, ZOW, R. 26: 1960, s. 119 nn. Ogólne

stabilnej częstotliwości, znajduje powszechne zastosowanie. Używany jest niekiedy i inny magnetometr protonowy typu PM-5 (PII-5), który jednak wydaje się być do celów archeologicznych mniej przydatny.

§ 5 omawianego rozdziału (ss. 128—130) autorzy poświęcili metodyce pomiarów na obiektach archeologicznych, § 6 zaś (ss. 130—142) — przykładowo prac polowych. Przedstawiają oni charakterystykę pomiarów pieców garncarskich oraz kanałów, ścian i dróg, a także obiektów ferromagnetycznych, przechodząc w końcu do pomiarów w warunkach złożonych, m.in. na terenach zespołów archeologicznych, obejmujących tak grodziska i cmentarzyska, jak fosy oraz miejsca produkcyjne, skupione na jednym i tym samym obiekcie.

W zakresie wykorzystania przez polską archeologię aparatury do rozpoznawania metodą magnetyczną i elektrycznooporową uzyskano już poważne rezultaty, tak pod względem określenia przydatności dostępnych urządzeń, jak i uzyskanych wyników. Zresztą autorzy omawianej książki wykazują znajomość polskiej literatury w tym zakresie do r. 1962, jakkolwiek w tekście nie wspominają niestety o samych wynikach. Prace polskich badaczy z zastosowaniem obu metod poszły w dwu kierunkach: 1 — podejmowano je na terenie częściowo rozpoznanych już zespołów (jak np. w Nowej Słupii, Igołomi czy Kaliszu) dla wypróbowania dostępnej aparatury i określenia jej przydatności przy badaniu obiektów określonego typu; 2 — na stanowiskach dotąd nie badanych (np. w rejonie Kalisza czy na kilku obiektach w Małopolsce) dla określenia obecności zespołów oraz rozplanowania ich pod warstwą ziemi. Badania obiektów archeologicznych na terenie naszego kraju metodami geofizycznymi wykonywano początkowo za pomocą wagi magnetycznej typu GRW Teltow-Askania, produkcji NRD, z układem magnetycznym zawieszonym na nici z fosforo-brązu⁹. W obrębie obiektów, zawierających minerały ferro-, para- i antyferromagnetyczne, przy dokonywaniu ich pomiarów uchwytą jest rozmaita anomalia magnetyczna, której wielkość uzależniona jest od charakteru obiektu oraz jego położenia. Natomiast metale kolorowe i kamień nie wywołują tego rodzaju anomalii, nie są więc możliwe do wykrycia tą metodą¹⁰. Celem uniknięcia niedokładności pomiarów lub błędnych wyników zaleca się podejmowanie pomiarów z użyciem dwóch magnetometrów albo równoległego zastosowania obu metod, co np. podjęto przy rozpoznawaniu stanowisk w pd. Polsce¹¹.

zasady działania i możliwości wykorzystania tego typu urządzeń do poszukiwań archeologicznych zob. np. M. J. Aitken, *The Proton Magnetometer. Principles of Operation and its Use in Archaeology*, „Prospezioni Archeologiche”, R. 1962 (specjalna odbitka na kongres w Wenecji 22—24 maja 1962). Ponadto tegoż, *Physics and Archaeology*, rozdz. *Magnetometr protonowy*. Dla przykładu warto tu zwrócić uwagę na pozytywne rezultaty, uzyskane przez badaczy angielskich przy badaniu rozplanowania czterech osiedli obronnych z epoki żelaza z terenu Wielkiej Brytanii. Zob. M. J. Aitken, M. S. Tite, *Proton Magnetometer Surveying on some British Hill-forts*, „Archaeometry”, t. 5: 1962, s. 126 nn.

⁹ Zob. M. Lemberger, *Badania geofizyczne na stanowiskach archeologicznych w Igołomi, Stradowie, Błogocicach i Dalewicach*, „Spraw. z posiedzeń komisji Oddziału PAN w Krakowie”, lipiec—grudzień 1962, Kraków 1963, s. 363 (w odniesieniu do obiektów w Igołomi), oraz K. Dąbrowski, *The Application of Geophysical Methods to Archaeological Research in Poland*, „Archaeometry”, t. 6: 1963, s. 83 nn. oraz przyp. 1 (w odniesieniu do obiektów w rejonie Kalisza).

¹⁰ Obszerne uwagi M. Lemberger, *O metodyce badań geofizycznych w archeologii*, „Archeol. Polski”, t. 15: 1969, s. 281 nn.

¹¹ Zob. K. Bielenin, K. Dąbrowski, W. Stopiński, *Zagadnienie inwentaryzacji śladów starożytnego hutnictwa metodą elektrycznooporową*, „Archeol. Polski”, t. 9: 1964, s. 125 nn., zwłaszcza s. 136 nn. Też Lemberger, *Badania geofizyczne...*, s. 363 nn., gdzie również metodyka prac oraz uzyskane wyniki.

Badania geofizyczne, zarówno metodą magnetyczną, jak i elektrycznooporową, przeprowadzone były na szeregu obiektów na terenie Małopolski oraz w Zagłębiu Staropolskim, gdzie np. w Nowej Słupii, pow. Kielce, pomiary elektrycznooporowe wykonywano aparaturą szwedzką na prąd zmienny firmy „Elektrisk Malmletning AB”¹². Duża część wyników nie została dotąd niestety opublikowana w formie bardziej szczegółowej¹³. Badania w Małopolsce przeprowadzono w Igołomi, pow. Proszowice, na obiekcie z okresu rzymskiego z piecami hutniczymi i garncarskimi, w Dalewicach i Błogocicach w tym samym powiecie w obrębie osad otwartych, w Stradowie, pow. Kazimierza Wielka, na grodzisku wczesnośredniowiecznym, w Krakowie przy ul. Skawińskiej w związku z fundamentami kościoła gotyckiego, oraz na terenie wczesnośredniowiecznej warzelnii soli w Wieliczce. Wstępne wyniki, uzyskane zwłaszcza na pierwszych z wymienionych tu stanowisk, zasługują na uwagę. Hutnicze piece w Igołomi nie wykazały anomalii, typowej dla tego rodzaju obiektów, co być może wiąże się z inną technologią wytopu, dającą odpadki o innych właściwościach ferromagnetycznych. Silne anomalie wykazało natomiast w odniesieniu do pieca garncarskiego, którego ścianki tworzyła silnie przepalona glina, oraz ziemianki neolitycznej. W Błogocicach odkryto tą metodą 10 na 12 obiektów (jam), zawierających podobnie jak w Igołomi znaczną liczbę ułamków ceramiki, natomiast w Stradowie tylko 5 na 12 ujawnionych później podczas prac wykopaliskowych. Zwłaszcza na tym ostatnim obiekcie zaobserwowano niedokładność lokalizacji za pomocą używanej aparatury, dochodząca do 1 m. Natomiast w Dalewicach metodą elektrycznooporową wykazano silną anomalie w miejscu, w którym znajdowała się ziemianka z okresu rzymskiego, a której wypełnisko nie różniło się pozornie od otaczającego ją podłoża czarnoziemu. Wypadek powyższy wskazuje na potrzebę dokonywania dodatkowo analizy laboratoryjnej, geofizycznej lub gleboznawczej wypełnisk tego typu zespołów. W oparciu o powyższe badania rysuje się potrzeba dążenia do uzyskiwania większej dokładności tak w lokalizowaniu obiektów, jak i określaniu ich rozmiarów oraz kształtów, ponieważ dotychczasowe rezultaty odbiegają niekiedy nawet znacznie od faktycznego stanu rzeczy, stwarzając często obraz niedokładny.

W wyniku badań podjętych w Nowej Słupii, stan. 4, uzyskano stosunkowo szybko obraz układu przestrzennego. Przed podjęciem tu badań wykopaliskowych

¹² Wymienimy tu następujące prace, których nie uwzględnili Frantow i Pin-kiewicz (s. 205—208): K. Bielenin, J. Kowalczyk, *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach stanowiska Nowa Słupia 4, pow. Kielce*, „Mater. Archeol.”, t. 4: 1962, s. 303 nn.; J. Kowalczyk, T. Stopka, *Badania magnetyczne w eksploracji stanowisk archeologicznych*, „Kwart. Historii Nauki i Techniki”, R. 7: 1962, nr 3, s. 321 nn.; tychże, *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach archeologicznych*, „Przeł. Geol.”, t. 10: 1962, s. 540 nn.; J. Kowalczyk, *Zastosowanie geofizycznej metody magnetycznej w prospekcji stanowisk archeologicznych na obszarze starożytnego i średniowiecznego hutnictwa świętokrzyskiego w latach 1961—1962*, „Spraw. z posiedzeń Komisji oddziału PAN w Krakowie”, lipiec—grudzień 1962, Kraków 1963, s. 368 nn.

¹³ J. Kowalczyk, T. Stopka, *Badania geofizyczne metodą magnetyczną obiektów archeologicznych na obszarze starożytnego hutnictwa świętokrzyskiego*, „Kwart. HKM”, R. 12: 1964, nr 4, s. 671 nn. Szczegółowe wyniki badań przechowywane są w archiwum Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN w Krakowie: ze Słupii Nowej (nr IV—V, 1961), koło Góry Św. Krzyża w Łazach i Bielniku (nr VII—VIII, 1961), Skały, pow. Opatów (VII—VIII, 1961) oraz w rejonie Nowej Słupii w Mirogonowicach, Worowicach i Hucisku (nr IX, 1962). Omawia je ogólnie J. Gromnicki, *Perspektywy badań geofizycznych na stanowiskach archeologicznych*, „Spraw. z posiedzeń komisji oddziału PAN w Krakowie”, lipiec—grudzień 1962, Kraków 1963, s. 361 n.

zezwoliło to na zorientowanie się co do typu piecowisk. „Pozwala to również przy planowaniu badania na uwzględnienie pewnej kolejności w zakresie badań poszczególnych typów stanowisk hutniczych”¹⁴. Za pomocą wagi magnetycznej przeprowadzono dalsze badania w 1961 r. na stanowiskach Łazy i Łysa Góra-Bielnik, pow. Kielce, oraz Skały, stan. 1 i 2, pow. Opatów, w 1962 r. zaś — w Baszkowicach, stan 1, Mirogonowicach, stan. 1, oraz Warowicach, stan. 1 i 2, pow. Opatów, gdzie ujawniono szereg piecowisk hutniczych¹⁵. W 1962 r. przeprowadzono również badania metodą elektrycznooporową w Krzemionkach Opatowskich, gdzie przebadano otoczenie jednego z szybów celem uchwycenia zasięgu podziemnych wyrobisk i chodników. Jakkolwiek uzyskano zachęcające w tym zakresie wyniki, wymagają one jeszcze weryfikacji archeologicznej.

W Kaliszu-Zawodziu oraz w najbliższym otoczeniu badania z zastosowaniem metod geofizycznych przeprowadzone były początkowo za pomocą wagi magnetycznej Teltow-Askania. Następnie do badań metodą elektrycznooporową użyto aparatury MSO 7 na prąd zmienny z własnym zasilaniem; jako elektrod używano prętów z nierdzewnej stali, dług. 950 mm i \varnothing 18 mm¹⁶. W 1965 r. użyto magnetometru protonowego typu ELSEC, w pracach w rejonie Kalisza: w Jarantowie, pow. Kalisz, na grodzisku wczesnośredniowiecznym z X w., na cmentarzysku ciałopalnym z okresu późnolateńskiego w Zagorzynie oraz na terenie osady z okresów późnolateńskiego i rzymskiego w Pivonicach¹⁷.

Przeprowadzone na grodzisku w Jarantowie sondáže archeologiczne w miejscu wykazanej anomalii magnetycznej wykazały, iż za pomocą omawianej aparatury można uchwycić ze znaczną dokładnością zasięg konstrukcji obronnych, zwłaszcza zaś obecność większych skupisk kamieni oraz belek. Badania w Zagorzynie wykazały użyteczność magnetometru przy szybkim określaniu zasięgu cmentarzyska oraz przy wykrywaniu grobów obficie wyposażonych w żelazne przedmioty. Natomiast najsłabsze wyniki uzyskano przy rozpoznawaniu osady otwartej o słabo zachowanych elementach zabudowy. Powyższe badania w rejonie Kalisza zajęły 8 dni, przy czym pomiary wykonywano nie dłużej niż 5—6 godzin dziennie. W sumie przeprowadzono ich 6700. Doświadczenia tu uzyskane wskazują na przydatność omawianej aparatury przy wstępnym rozpoznawaniu osiedli mieszkal-

¹⁴ Bielenin, Kowalczyk, Stopka, *Zastosowanie...*, s. 321.

¹⁵ Bielenin, Kowalczyk, Stopka, *op. cit.*, s. 321 przyp. 4.

¹⁶ Zob. K. Dąbrowski, W. Stopiński, *Z doświadczeń w stosowaniu metody elektrycznooporowej w archeologicznych badaniach grodziska wczesnośredniowiecznego*, „Przegląd Geofizyczny”, t. 6(14): 1961, z. 3, s. 169 nn.; tychże, *The Application of the Electric-resistivity Method of Archaeological Excavations Illustrated on the Example of Early Mediaeval Hillfort Zawodzie in Kalisz*, „Archeologia Polona”, t. 5: 1962, s. 21 nn.; K. Dąbrowski, W. Stopiński, E. Stupnicka, *Początki i rozwój grodziska na Zawodziu w świetle badań środowiska naturalnego*, „Archeol. Polski”, t. 7: 1962, s. 203 nn.; K. Dąbrowski, W. Stupnicka, *Zastosowanie metody magnetycznej do badań cmentarzysk ciałopalnych*, „Kwart. HKM”, R. 10: 1962, z. 3/4, s. 605 nn.; R. E. Linington, K. Dąbrowski, *Doświadczalne badania magnetometrem protonowym cmentarzyska kultury Villanova w Tarquinii*, tamże, R. 12: 1964, z. 1, s. 67 nn.; K. Dąbrowski, *Application of the Electric Resistivity and Magnetic Methods in Archaeological Excavation in Poland*, [w:] *Atti del VI Congresso Internazionale delle Scienze Preistoriche e Protoistoriche, II, Comunicazioni*, Firenze 1965, s. 45.

¹⁷ R. E. Linington, K. Dąbrowski, *Test Use of a Proton Magnetometer near Kalisz, Poland*, „Prospezioni Archeologiche”, 1967, nr 2, s. 27; tychże, *Doświadczalne badania magnetometrem protonowym stanowisk archeologicznych w rejonie Kalisza*, „Kwart. HKM”, R. 16: 1968, z. 1, s. 83 nn.

nych oraz cmentarzysk, zwłaszcza w zakresie ich zasięgu i skupisk grobów. Szersze zastosowanie znaleźć ona może przy wykrywaniu ewentualnych relikwów kamiennej architektury oraz w obrębie obiektów grodziskowych. Natomiast przydatność tego typu aparatury do rozpoznawania otwartych osad ze słabo zachowanymi elementami zabudowy wydaje się być ograniczona.

Doświadczalne badania za pomocą magnetometru protonowego, zbudowanego w Zakładzie Geofizyki PAN, przeprowadzone były w r. 1965 na terenie Zagłębia Staropolskiego przy wykrywaniu piecowisk hutniczych, dając zachęcające wyniki. W 1966 r. zastosowano tę aparaturę do badań wielokulturowej osady w Dębicy pod Trzebnicą oraz w Kruszwicy¹⁸. Stwierdzono jednak konieczność znacznego udoskonalenia tej aparatury, zwłaszcza pod kątem rozszerzenia możliwości wykrywania obiektów archeologicznych nieznacznych rozmiarów lub słabo zróżnicowanych w stosunku do warstw, w których zalegały.

W związku z obu omówionymi metodami geofizycznymi warto zatrzymać się przy krytycznych uwagach M. Lembergera¹⁹, opartych na badaniach na terenie Małopolski, zwłaszcza w odniesieniu do interpretacji uzyskanych wyników z jednokrotnego przeprowadzenia pomiarów. W odróżnieniu od metody magnetycznej, metoda elektrycznooporowa daje się — zdaniem wymienionego — zastosować w każdym wypadku rozpoznawania obiektów ukrytych w ziemi. Znacznie dokładniejsze rezultaty uzyskuje się przy równoległym i nawzajem się uzupełniającym stosowaniu zarówno metody magnetycznej, jak i elektrooporowej, ponieważ porównanie wyników zezwala na dokładniejsze określenie charakteru i rozmiarów danego obiektu. Przed podjęciem pomiarów pożądana jest znajomość przypuszczalnych rozmiarów oraz charakteru obiektu, który stać się ma przedmiotem szczegółowych badań. Zależy od tego wybór metody oraz właściwe zaplanowanie sieci pomiarowej, innej dla obiektów wydłużonych, a innej dla rozrzuconych na znacznej przestrzeni (np. jam, domostw czy piecowisk).

Przy rozpoznawaniu wspomnianych obiektów szczególną przydatność wykazały magnetometry protonowe, które prócz łatwej obsługi i stosunkowo znacznej dokładności umożliwiają szybsze dokonywanie pomiarów. Istotna dla archeologii jest możliwość jakościowej oceny parametrów ciała zaburzającego, a to głębokości jego występowania, rozmiarów oraz pobudliwości. Dla wyeliminowania zakłóceń przez trakcje elektryczne lub inne urządzenia przemysłowe zaleca się stosowanie jako źródła zasilania nie prądu stałego, uzyskiwanego z baterii anodowych, lecz prądu zmiennego przez wykorzystanie urządzeń generatorowych²⁰.

Przy interpretacji pomiarów większe znaczenie posiadają rezultaty jakościowe, gdyż interpretacja ilościowa jest wieloznaczna w tym sensie, że takie same obiekty odznaczać się mogą odmiennymi anomaliami, wynikłymi z odmiennego podłoża oraz ich struktury. Istnieje i sytuacja odwrotna, gdy odmiennie obiekty wykazują identyczne anomalie. Interpretacja tych obiektów jest ułatwiona na stanowiskach częściowo już rozpoznanych, na innych zaś wymaga wykonania wykopów sondażowych. Zdaniem Lembergera sporządzenie dokładnego planu obiektów archeologicznych, jak również określenie ich kształtów w fazie badań geofizycznych jest niemożliwe. Z uwagą tą zgodzić się można tylko częściowo, gdyż plany bardzo zbliżone do rzeczywistego rozplanowania obiektów na ba-

¹⁸ Linington, Dąbrowski, *Doświadczalne badania...*, s. 83, przyp. 1.

¹⁹ Lemberger, *O metodyce...*, *passim*.

²⁰ Lemberger, *op. cit.*

danych stanowiskach na terenie Polski były już uzyskiwane, np. w Piwonicach czy Jarantowie, pow. Kalisz²¹.

Bardzo natomiast przydatne okazują się wspomniane metody geofizyczne dla badania przebiegu fos, wałów czy murów, gdy eksploracja nie jest konieczna na całej długości, a chodzi o ustalenie ich przebiegu. Tak np. na obiektach typu grodziskowego, gdy wały uległy całkowitej niwelacji, istnieje możliwość ustalenia nie tylko ich przebiegu, lecz również wszelkich przerw, spowodowanych m. in. obecnością bramy wjazdowej itd. Wymienię tu np. osiedle obronne kultury łużyckiej w Sobiejuchach, pow. Żnin, gdzie wały nie rysują się na powierzchni wyspy, a ich przybliżony przebieg wykazały zdjęcia lotnicze, dokonane z helikoptera w różnych porach roku. Tym niemniej nie zezwoliły one na lokalizację bramy wjazdowej.

Warto zwrócić tu uwagę na przydatność magnetometru protonowego również do badań podwodnych, i to nie tylko na płytkich wodach przybrzeżnych, lecz również na znacznej głębokości, rzędu kilkudziesięciu metrów²². Wśród magnetometrów protonowych, używanych na Zachodzie, wymieniany jest najczęściej model produkcji angielskiej firmy ELSEC typ 592, wagi około 9 kg (20 lbs.). Do geofizycznych pomiarów obiektów archeologicznych weszły również w użycie udoskonalone angielskie magnetometry dyferencjalne²³ oraz magnetometry rubidowe firmy VARIAN, kilkakrotnie szybsze w uzyskiwaniu wyników i zezwalające na określenie obiektów położonych na znacznej głębokości²⁴, jak również i komputery²⁵, służące do pomiarów geofizycznych.

W ostatnich czasach zastosowano nową metodę — pomiarów radiometrycznych — służącą do lokalizacji niewidocznych obiektów ziemnych²⁶. Opiera się ona na założeniu, iż większość skał i gleb wykazuje wymierną, naturalną radioaktywność, której przyczyną wynika z faktu obecności nieznacznej zawartości składników mineralnych, zawierających substancje radioaktywne. Chodzi tu zwłaszcza o ²³⁸U (Uran) oraz ²³²Th (Thor) wraz z produktami ich rozpadu oraz radioaktywny izotop potasu ⁴⁰K. Zawartość ich w poszczególnych glebach, murach, wałach kamiennych itd., jest różnaita. Jak podaje G. Peschel, eksperymentalne badania, prowadzone od 1965 r. na rozmaitych obiektach w południowej części NRD, wykazały szerokie perspektywy, jakie metoda ta otwiera nie tylko przy określaniu lokalizacji obiektów, lecz również ich charakteru.

Autorzy omawianej książki nie poruszają natomiast ważnej dla archeologii możliwości wykorzystania metody magnetycznej do określania chronologii obiektów archeologicznych, jakkolwiek w tym zakresie wymieniają prace S. P. Burłackiej (s. 206), która prowadzi w ZSRR badania nad tym tematem.

Prace E. i O. Thellier²⁷ wykazały, że intensywność pola magnetycznego zie-

²¹ Zob. np. Linington, Dąbrowski, *Test Use...*, s. 29 nn.; tamże bliższe dane oraz plany badanych obiektów.

²² Zob. np. E. T. Hall, *The Use of the Proton-Magnetometer in Underwater Archaeology*, „Archaeometry”, t. 9: 1966, s. passim.

²³ Zob. J. D. Mundie, *A Digital Differential Proton Magnetometer*, „Archaeometry”, t. 5: 1962, s. 135 nn.

²⁴ Zob. E. K. Ralph, *Comparison of a Proton and Rubidium Magnetometer for Archaeological Prospecting*, „Archaeometry”, t. 7: 1964, s. 20 nn.

²⁵ Zob. J. Scollar, F. Krückenberg, *Computer Treatment of Magnetic Measurements from Archaeological Sites*, „Archaeometry”, t. 9: 1966, s. 61 nn.

²⁶ Zob. G. Peschel, *Radiometrische Messungen zum Nachweis verdeckter archäologischer Objekte*, „Ausgrabungen und Funde”, t. 12: 1967, z. 6, s. 287 nn.

²⁷ E. Thellier, O. Thellier, *Sur l'intensité du champ magnétique terrestre en France, à l'époque gallo-romaine*, „Compte Rendue Mensuels de Séances

mi zmienia się nie tylko w przestrzeni, lecz również w zakresie czasowym. „Możliwość magnetycznego datowania — pisze S. P. Burlacka²⁸ — bazuje na dwóch istniejących okolicznościach: po pierwsze na tym, że kierunek i wielkość ziemskiego pola magnetycznego zmieniają się od stulecia do stulecia nieustannie i rytmicznie i po drugie, na tej podstawie, że «odbicie» pola magnetycznego w postaci naturalnej pozostałości magnetyczności zachowało się dla nas dzięki zjawisku «termoremanencji» i wysokiej stabilności. Zjawisko termoremanencji zawiera się w tym, że próbka nabywa ostatecznej magnetyczności przy stygnięciu w polu magnetycznym w temperaturze wyżej punktu Curie; zdolność zachowania bez zmian nabytej ostatecznej namagnetyczności w ciągu wieków do naszych czasów nazywa się stabilnością”.

Próbkami w tym zakresie są przede wszystkim przedmioty wypalane, a więc wszelkiego rodzaju gliniane konstrukcje piecowisk, polepa podłogowa, cegła itp. W odniesieniu jednak do cegieł istnieje i ta okoliczność, że może ona podlegać wysokiej temperaturze dwu-, a nawet kilkakrotnie: w momencie wypalania w piecu oraz przy ewentualnym pożarze budowli, do której została użyta. Między nimi zaś zaistnieć może znaczna różnica czasowa, a pole magnetyczne ziemi uległo już znacznemu przesunięciu. Zmiany tego pola są teoretycznie nieistotne przy badaniu próbek ceramiki czy gliny z konstrukcji piecowisk, domostw (np. polepa podłogi, ścian itp.).

Próbki do badań archeomagnetycznych mogą być pobierane wyłącznie przez specjalistów. Przy badaniu próbek brane są tu pod uwagę pola magnetyczne otoczenia, w którym przedmiot ujawniono, oraz pole badanego przedmiotu. W obiektach archeologicznych niedopuszczalne jest uprzednie poruszanie glinianych elementów lub przedmiotów, mających stać się następnie próbkami do tego rodzaju badań. Niezależnie od uzyskanych wyników, niezbędnych do określenia datowania przedmiotów, można określić także temperaturę, w jakiej przedmiot był wypalany, i to zarówno w piecu (lub stanowiąc jego część), jak i pożaru, jakiemu dana budowla uległa.

W Związku Radzieckim podjęto ostatnio szeroko zakrojone badania nad oznaczaniem i wykreśleniem krzywej pola magnetycznego w przeszłości. Są one prowadzone m. in. przez Instytut Fizyki Ziemi AN ZSRR. Istotnych w tym zakresie danych udzielili właśnie archeolodzy, wskazując na dobrze datowane próbki, pobrane jak dotąd z republik nadbałtyckich, okolic Leningradu, Moskwy oraz z azjatyckiej części ZSRR²⁹. Wypracowana w ten sposób krzywa służyć ma następnie jako podstawa do datowania obiektów archeologicznych oraz do uściślenia datowania próbek, użytych do jej wykreślenia. Datowanie to opiera się więc na parametrach krzywej, wytyczonej przez pole magnetyczne ziemi, które są określone dla poszczególnych okresów. Jak stwierdza Burlacka, tolerancja datowania wynosi tu 25—50 lat.

de l'Académie des Sciences d'Outre Mer”, Paris t. 222: 1946, passim; E. Thellier, *Erdmagnetismus und Archäologie*, „Germania”, t. 30: 1952, s. 297 nn.

²⁸ С. П. Бурлацкая, *О датировании археологических объектов археомагнитным методом*, „Советская Археология”, R. 1962, z. 3, s. 99.

²⁹ Zob. Бурлацкая, *О датировании...*, s. 102 nn. oraz s. 104, gdzie zestawienie wyników uzyskanych przez laboratoria gruzińskie i azerbejdżańskie; te jż e, *Датирование археологических объектов археомагнитным методом*, „Советская Археология”, R. 1963, z. 4, s. 115 nn., oraz s. 120, gdzie podano wyniki badań w Gruzji znalezisk z okresu od VIII w. p.n.e. do początku XX w. n.e. Też praca te jż e, *Археомagnetизм. Исследование магнитного поля земли в прошлые эпохи*, Moskwa 1965, ss. 128, tamże omówiono podstawy badań oraz podano niektóre wyniki.

Badania archeomagnetyczne podjęte są na szerszą skalę i na Zachodzie³⁰, a zainteresowano się nimi również w Czechosłowacji³¹. W tym zakresie polska archeologia pozostaje wyraźnie w tyłu³², a jedyne jak dotąd próbki pobrano w 1963 r. w Gdańsku z grodu i portowego nadbrzeża wczesnośredniowiecznego oraz obiektów architektonicznych z XIII—XVI w. (cegły)³³, a w r. 1965 z Sobiejuch, pow. Żnin, z pieca kopulastego z lat około 650—550 p.n.e. oraz z podziemi katedry w Gnieźnie z warstwy z końca X w. Próbkę z dwu ostatnich stanowisk przekazane zostały do Instytutu Fizyki Ziemi w Moskwie, jednak wyniki nie są jeszcze znane³⁴. Wstępne prace zostały podjęte przez mgr. W. Czyszka z Obserwatorium Geofizycznego Zakładu Geofizyki PAN na Helu.

W rozdziale 3 (ss. 143—174) autorzy omawianej książki zaznajamiają z przydatnością sejsmicznych metod rozpoznawania. Wśród urządzeń wymieniają oni aparat WITR (BITP), wykonany we Wszechzwiązkowym Naukowo-Badawczym Instytucie Metodyki i Techniki Poszukiwań, działający na zasadzie impulsów dźwiękowych, zapisywanych na taśmie magnetycznej, szczególnie przydatny do badań obiektów pod wodą do głęb. 200 m. Może być umocowany na stałe na małych statkach lub dużych łodziach, jak też i na samochodach-amfibiach lub łódkach.

W 1964 r. wykorzystywany był dźwiękowy geolokator ZGL-1 (ЗГЛ-1) do badania zatopionej części Olbii (płd. ZSRR), który dał bardzo cenne obserwacje. Aparatura tego typu jest szczególnie przydatna do badań podwodnych, gdzie używano dotąd aparatów echosondowych o działaniu pionowym i poziomym, stosowanych tak w rybołówstwie, jak i przez marynarki wojenne do wykrywania podwodnych obiektów, a działających na zasadzie echosond typu ASDIC³⁵.

Niezależnie od tego stosowana jest aparatura sejsmiczna, dająca na specjalnej taśmie sejsmogramy, rejestrujące faktyczne anomalie. W badaniach geologicznych używane są aparaty 60-kanalowe, a w archeologicznych — 12-kanalowe, co uwarunkowane jest grubością badanych warstw. Aparatura tego typu wykorzystywana była m. in. przez Fundację Lerici do badania etruskich grobowców

³⁰ Wymienimy tu tylko kilka przykładowo prac: R. M. Cook, J. C. Belshé, *Archaeomagnetism: A Preliminary Report of Britain*, „Antiquity”, t. 32: 1958, nr 127, s. 167 nn.; M. J. Aitken, G. H. Weaver, *Some Archaeomagnetic Measurements in Britain*, „Archaeometry”, t. 5: 1962, s. 4 nn., gdzie podano ogólne uwagi w tym zakresie, opis technik pomiarowych, zestawienia tabelaryczne oraz wyniki uzyskane przy badaniu pieców z Hartshill (Anglia); J. G. Hurst, *Post-Roman Archaeological Dating and its Correlation with Archaeomagnetic Results*, tamże, t. 5: 1962, s. 27 nn., oraz t. 6: 1963, s. 81 n., gdzie przedstawiono korelację datowania archeologicznego i metodę archeomagnetyczną.

³¹ V. Boucha, *Archeomagnetický výzkum a jeho využití určování stáří archeologických objektů*, „Archeologické rozhledy”, R. 17: 1965, s. 198 nn.; V. Boucha, E. Neustupný, *Odběr vzorků pro archeomagnetická měření*, tamże, R. 20: 1968, s. 70 nn.

³² Jedyńy artykuł na ten temat zob. A. Zbierski, *Metoda archeomagnetyczna w archeologii i historii (datowanie magnetyczne)*, „Kwart. HKM”, R. 12: 1964, z. 3, s. 363 nn.

³³ Zob. Zbierski, *op. cit.*, s. 370 nn.; próbki oddano do Obserwatorium Geofizycznego PAN na Helu, lecz wyniki jak dotąd nie zostały opublikowane.

³⁴ Próbkę z dwu ostatnich miejscowości pobierała mgr J. Kruczyk z Zakładu Geofizyki PAN w Warszawie w obecności dra Z. Bukowskiego z IHKM PAN w Warszawie w październiku 1965 r.

³⁵ Np. G. Doukan, *Les découvertes sous-marines modernes*, Paris 1954, s. 24 nn. Też E. Ф. Дубров, К. К. Шилик, *Применение метода звуковой геолокации для поисков и исследования объектов, подребренных грунтами на дне водоемов*, [w:] *Археология и естественные науки*, Moskwa 1965, s. 279 nn.

w Cerveteri itd. Warto tu też wspomnieć o kombinowanych badaniach archeologicznych w USA, gdzie wykorzystano obok przenośnego sejsmografu również aparaty do mierzenia oporności. Zezwoliły one nie tylko na dokładną lokalizację fundamentów dawnej zbrojowni, lecz i na określenie jej rozplanowania³⁶.

Wspomnieć też wypadnie o próbach dokonywania poszukiwań za pomocą rozszczepionej wiązki neutronów, szczególnie przydatnych przy badaniu ukrytych murów oraz podziemnych zagłębień³⁷.

Rozdział 4 (ss. 174—193) omawia metody geochemiczne, jak biochemiczną metodę poszukiwań, metody hydrochemiczne oraz metodę fosfatową. Natomiast w ostatnim (5) rozdziale (ss. 194—203) jest mowa o pomocniczych środkach technicznych, zwłaszcza zaś o przyrządach do wykonywania otworów typu świderów, efektywnych dla głębokości od 1 do 25 m. Autorzy książki zwracają uwagę na ważność dokonywania badań geologicznych (grubość i twardość warstw) przed stosowaniem uprzednio omówionych metod geofizycznych na obiektach archeologicznych. Wśród przyrządów wymieniają świder typu MP-1 (МП-1), wagi 12 kg, o \varnothing otworu 92 mm, motobory typu TMB-1 i TMB-2 (TMB-1 oraz 2), z których pierwszy, wagi 15 kg, zezwala na wykonywanie otworów do głęb. 55 m, drugi, wagi 28 kg — do 8 lub 10 m. Lepszy od nich jest motobor typu D-7,5 (Д-7,5), wagi 13,9 kg. Na szczególną uwagę zasługuje przenośny komplet świderów geologicznych PWS (ПВС), wagi 11,5 kg, przy \varnothing otworu 45—47 mm i głębokości do 7,0 m. Jest on bardzo przydatny, gdyż zezwala na pobieranie próbek geologicznych tak z twardego, jak i miękkiego podłoża.

Wymieniane są dalej peryskopy do badania wnętrza ukrytych w ziemi komór grobowych, piwnic itd., z powodzeniem stosowane przy rozpoznawaniu wnętrza etruskich grobowców³⁸.

Do omawianej pracy Frantowa i Pinkiewiczza załączona jest obszerna literatura radziecka i obcojęzyczna (s. 204—210), w tym również polska. W niniejszych uwagach cytuję prace polskie nie uwzględnione przez obu autorów oraz późniejsze publikacje, znacznie rozszerzające informacje o teoretyczno-technicznych podstawach stosowanych metod i aparatury, a także przynoszące nowe wyniki badań.

Zbigniew Bukowski

³⁶ H. H. Carson, *A Seismic Survey at Harpers Ferry*, „Archaeometry”, t. 5: 1962, s. 119 nn.

³⁷ Zob. J. C. Alldred, A. Shepherd, *Trial of Neutron Scattering for the Detection of Buried Walls and Civities*, „Archaeometry”, t. 6: 1963, s. 89 nn.

³⁸ O urządzeniu tym wspominał u nas Z. Rajewski, *Nowy sposób fotografowania niektórych obiektów archeologicznych pod ziemią*, „Kwart. HKM”, R. 7: 1959, nr 4, s. 822 nn.; tenże, *Die Anwendung des Periskops und des Bathyscops in der archäologische Unterwasserforschungen*, „Bibliotheca Classica Orientalis”, R. 11: 1966, z. 2, szp. 110.